



Como gestionar los recursos hídricos con la información climática

por Bruce Stewart*

La necesidad de contar con información y productos climáticos basados en series históricas de larga duración es más importante que nunca.

Los progresos en el terreno de la predicción climática estacional han creado un importante potencial para que esta ciencia contribuya a mejorar las prácticas en la gestión de recursos hídricos. El aumento de la colaboración entre los dos sectores solo puede dar lugar a beneficios.

Entre las condiciones meteorológicas y la gestión de recursos hídricos existe una sólida relación que tiende a ser operativa por naturaleza. Las presas pueden gestionarse sobre la base de los caudales afluentes, que se estiman a partir de las precipitaciones previstas; asimismo, los sistemas de riego pueden optimizarse teniendo en cuenta parámetros meteorológicos como la evaporación, la velocidad del viento, la humedad del suelo y los datos de temperatura.

El viejo dicho de que “el clima es lo que se espera y el tiempo es lo que sucede” se aplica a la gestión del clima, del tiempo y de los recursos hídricos. Planificamos nuestros sistemas de recursos hídricos basándonos en la información climática, y los gestionamos con arreglo a la información meteorológica.

Los datos climáticos desempeñan un importante papel en el campo de la hidrología y del estudio del movimiento, la distribución y la calidad del agua. En hidrología, puede utilizarse una ecuación de balance hídrico para describir el flujo entrante y saliente de agua en un sistema. Entre los

“El clima es lo que se espera y el tiempo es lo que sucede”

componentes del balance hídrico se incluyen la precipitación, la evapotranspiración, el caudal fluvial, el almacenamiento de agua para el abastecimiento, el almacenamiento de aguas subterráneas, los desembalses y traslados de aguas, y la descarga en los océanos.

Los hidrólogos se interesan por cualquier factor climático que influya en estos componentes. Para comprender plenamente las posibilidades de suministro de agua, hay que entender claramente el balance hídrico de una región, incluyendo las cuencas fluviales o los sistemas de acuíferos subterráneos. Una información inadecuada con respecto a alguno de estos elementos dificultará notablemente la estimación de los recursos que están disponibles para el desarrollo.

Caso práctico: construcción de una presa

Partiendo de la base de que queremos construir una estructura hidrológica como una presa, ¿cuáles son las principales necesidades de información en términos de datos climáticos y por qué? Tenemos que conocer dos cosas, y ambas están relacionadas con el clima:

- ¿Cuánta agua cabe esperar que vaya a extraerse de la presa cada año?
- ¿Cuán grande tenemos que hacer el aliviadero para garantizar que la presa sea segura?

Una información climática inadecuada o de mala calidad puede dar lugar a una presa que no se ajuste al nivel de suministro para el que haya sido diseñada, o bien a un elevado coste financiero para una presa que sea mayor de lo necesario para satisfacer las necesidades de agua en una región.

Necesidades de datos a largo plazo:

en los emplazamientos propuestos para la localización de presas, los registros de caudal son excesivamente pequeños o inexistentes en la mayoría de los países. Para determinar el rendimiento potencial de una presa, es necesario contar con una serie larga de datos hidrológicos. Si se dispone de datos sobre el caudal, los modelos hidrológicos se calibran utilizando como entradas datos climáticos tales como la precipitación o la evaporación. Cuanto más amplios sean los registros de caudal, mejores posibilidades de calibración habrá; asimismo, cuanto mayor y mejor sea la representación espacial de los datos climáticos, mejor será la serie temporal hidrológica modelada.

Los intervalos de tiempo habituales que se utilizan para este tipo de información van desde los datos diarios de precipitación hasta las medias mensuales y diarias de los demás parámetros climáticos que tienen menor variabilidad y menos influencia sobre el caudal. En muchos casos se han utilizado análisis mensuales muy simples de la escorrentía de las precipitaciones para lograr un buen efecto. A largo plazo, es necesario

* Expresidente de la Comisión de Hidrología de la OMM



contar con datos del caudal mensual correspondientes a un período lo más prolongado posible para llevar a cabo análisis sobre el rendimiento del almacenamiento.

Necesidades para la simulación del almacenamiento: la siguiente fase es llevar a cabo un estudio sobre la simulación del almacenamiento relativo al emplazamiento de la presa con los elementos básicos del caudal mensual (entrada) y la evaporación mensual. El análisis tiene en cuenta las pérdidas del sistema como consecuencia de la evaporación y de la infiltración (filtración del fondo del depósito), y determina el nivel de extracciones que pueden efectuarse (rendimiento del almacenamiento) durante el período histórico. Los análisis se efectúan para depósitos de diferentes dimensiones y, posteriormente, se traza una curva almacenamiento-rendimiento. Esta curva se emplea para determinar, desde una perspectiva de abastecimiento, las dimensiones óptimas de la presa.

Existen varias técnicas que se utilizan para identificar la incertidumbre en estos análisis, entre las que se incluye la obtención de diferentes secuencias de entrada basadas en la generación de series temporales de precipitación o de series temporales de caudal. Sin embargo, estas son técnicas estadísticas que no dependen de la información climática subyacente.

En este caso, ¿qué características del registro climático son importantes para el hidrólogo?

- En primer lugar, cuanto más prolongada sea la serie temporal, mejor. Resulta fundamental abarcar los largos períodos históricos con bajos flujos de entrada; estos determinan la relación entre almacenamiento y rendimiento.
- En segundo lugar, el intervalo temporal de las observaciones es importante. Depende del tiempo de respuesta de la cuenca de captación, que suele estar basado en sus propias dimensiones.
- En tercer lugar, la distribución espacial de la precipitación es importante. El número y distribución de los emplazamientos de precipitación dentro de la cuenca de captación tienen un impacto sobre la calidad del caudal obtenido.

En un clima cambiante, será importante conocer y comprender cómo se verán modificadas estas entradas por el cambio climático. Los períodos de bajo caudal, ¿serán más prolongados o más frecuentes?

Cálculo de crecidas: otro requisito hidrológico en el diseño de presas es el de la crecida máxima probable (CMP). En los diseños de presas se calcula la posible crecida más grande a la que un aliviadero tendría que hacer frente. En la mayor parte de los casos, la modelización y la extensión de fenómenos tormentosos extremos se emplea como técnica como consecuencia de los períodos de registros relativamente cortos que están dispo-

nibles para efectuar su análisis. Por regla general, esto requiere el cálculo de la precipitación máxima probable (PMP). La PMP se define como: "...la mayor altura de la precipitación durante un período determinado y posible desde el punto de vista meteorológico para un área tormentosa con una extensión determinada, en una localización específica y en un momento dado del año, sin tener en cuenta las tendencias climáticas a largo plazo".



Preparándose para medir el caudal desde un puente

Para calcular la PMP se emplean muchas técnicas, que pueden ser estudios in situ que analizan episodios extremos en la cuenca fluvial o estudios regionales que observan regiones climatológicamente homogéneas a fin de aumentar la base de episodios extremos de precipitación. El análisis examina cada fenómeno extremo e identifica la máxima precipitación posible dadas las condiciones más extremas para generar agua precipitable. Una vez que se han analizado todos los episodios y puede reflejarse gráficamente la cantidad de precipitación con respecto a la duración temporal, se dibuja una curva envolvente para calcular la PMP.

Existen variaciones con respecto a este enfoque, pero la información climática básica sigue siendo la misma: precipitación en márgenes de tiempo de, al menos, horas; datos sobre el punto de rocío en condiciones de tormenta; y datos históricos sobre puntos de rocío.

Los datos de precipitación tienen un doble uso. Si existen datos de caudal del emplazamiento de la presa, puede calibrarse un modelo de crecidas utilizando los datos disponibles de precipitación y caudal y, posteriormente, la PMP se puede introducir en el modelo de crecidas y determinarse así la CMP. Si no se dispone de datos en un emplazamiento de presa específico, los enfoques regionales representan una opción. Estos dependen de la disponibilidad de los mismos tipos de información dentro de la región o en una región similar desde el punto de vista hidrológico.

El hidrólogo que lleve a cabo estos estudios querría saber si el cambio climático provocará condiciones que desemboquen en la aparición de tormentas más extremas.

Impacto financiero de los datos climáticos

Una vez más, cuanto mayor sea el período de registro, mayor será el número de episodios extremos disponible para analizar, mejor será la distribución espacial de los emplazamientos de medida de la precipitación y más precisa será la precipitación real en la cuenca.

Unos datos de precipitación inadecuados o de mala calidad pueden dar lugar al diseño de un aliviadero incapaz de hacer frente a la PMP, lo que ocasionará un elevado riesgo de fallo y de rotura de la presa. Con

Hay una sólida conexión entre los sectores del agua y del clima

unos datos deficientes también puede producirse un “sobrediseño”, con un coste financiero potencialmente elevado. Ha habido algunos casos de rotura de presas como consecuencia del diseño inadecuado del aliviadero, y también se han producido casos de importantes y costosas mejoras efectuadas sobre aliviaderos tras el acontecimiento de fenómenos extremos en una región que han superado los cálculos de la PMP.

Perspectivas climáticas estacionales para los responsables de la toma de decisiones

Un sector de estudios climáticos que cada vez despierta más interés entre los gestores de los recursos hídricos es el de las perspectivas o predicciones climáticas estacionales. Con frecuencia, están relacionadas con predicciones hidrológicas ampliadas, que abarcan desde varias semanas hasta un año, y que pueden posibilitar

una planificación activa y respuestas de adaptación como, por ejemplo, para aliviar la escasez estacional en el suministro de agua.

Las predicciones estacionales pueden servir como elemento de información para toda una variedad de decisiones que van desde las estrategias medioambientales de riego hasta el manejo de un programa diversificado de suministro de agua.

Áreas urbanas: los recursos hídricos de las ciudades están sometidos a una presión cada vez mayor como consecuencia del crecimiento de la población y de un mayor consumo de agua per cápita. La gestión de la demanda del agua urbana a través de la adecuada combinación de restricciones, fijación de precios y eficacia se antoja fundamental para garantizar unos recursos hídricos saludables, seguros y fiables en tiempos de escasez de agua. Las autoridades hídricas municipales elaboran una serie de planes para desarrollar estrategias y políticas gubernamentales hídricas



El programa de riego de Mtwango (Zanzíbar, 2006) ha ayudado a aumentar la producción de arroz y de otros cultivos en la zona, puesto que suministra agua durante la estación seca. El proyecto aumentó la extensión de 78 hectáreas de tierra disponibles para el riego y el cultivo de arroz.

© BANCO MUNDIAL/ISSA MICHUICI



Medida del caudal: un factor clave para comprender el balance hídrico

sostenibles, que incluyen planes de acción corporativa, respuesta ante sequías y ahorro permanente de agua.

Las predicciones de caudal también sirven para que los programas de gestión de la demanda obtengan información. Un aumento en la predicción de un caudal fluvial en mitad del verano puede afectar drásticamente al consumo de agua. Las predicciones de corto a medio plazo (de tres a seis o a ocho meses) son importantes para el sector industrial hídrico urbano, tanto para planificar las restricciones como para adoptar las decisiones relativas a la introducción de nuevas fuentes de abastecimiento de agua. Las predicciones se utilizan para la gestión del agua urbana. Un producto particularmente útil sería aquel que ofrezca a las empresas de servicios hídricos una forma de pronosticar en qué situación se encontrarán sus depósitos al final de la estación de llenado.

Áreas rurales: las autoridades hídricas rurales son responsables de suministrar agua para usos no urbanos, concretamente para riego y para consumo del ganado y a nivel doméstico. También gestionan embalses públicos y suministran agua a las autoridades hídricas urbanas. Los fenómenos meteorológicos extremos pueden tener un gran impacto sobre las autoridades hídricas rura-

les. Una alerta temprana ofrecería la oportunidad de mejorar la asignación y el uso de los suministros hídricos.

El riego es una práctica ampliamente extendida para complementar los bajos niveles de precipitación con el fin de ayudar en la producción de cultivos o de pastos. Entre los cultivos más habituales producidos mediante riego se encuentran el arroz, el algodón, la colza, el azúcar, diversas frutas, verduras, y otros cultivos arbóreos, así como pastos, heno y grano para la producción de carne de vaca o de productos lácteos.

Las principales preocupaciones de los agricultores son la humedad del suelo, seguida de la cantidad de agua que está ya distribuida a través de pozos o ríos, y después, la predicción estacional. La información estacional pasa a ser más importante a medida que los cultivos objeto de riego van creciendo.

Un cultivo de secano implica cultivar tierras que reciben muy poca precipitación. Entre los elementos fundamentales de los cultivos de secano se incluyen: capturar, conservar y hacer un uso eficaz de la humedad disponible; conservar el suelo y controlar los costes de los insumos. Los agricultores de secano utilizan la información de

las predicciones estacionales en su planificación para gestionar el riesgo. Cuando el resultado de la estación es dudoso, se produce una importante inversión preparatoria en las grandes extensiones agrícolas. Los agricultores no sembrarán tanto si se prevé que la estación va a ser mala. Sin embargo, si las perspectivas son buenas, pueden decidir aumentar la superficie de cultivo.

Predicción de caudales

Hay dos fuentes principales para predecir los caudales. La primera se basa en las sólidas correlaciones de las series existentes en los caudales, como consecuencia de que el almacenamiento en el suelo y en las aguas subterráneas supera el tiempo entre la incidencia de la precipitación y cualquier caudal resultante y una futura precipitación. La otra tiene en cuenta las condiciones climáticas que influyen en los caudales futuros. Muchos índices de anomalías climáticas a gran escala, como el índice de la Oscilación Austral o el índice del modo del dipolo del océano Índico, muestran importantes correlaciones simultáneas y retardadas con precipitaciones y caudales.

Cuando la pericia de las predicciones estacionales de caudal generadas únicamente mediante predictores de caudales anteriores es elevada, los predictores climáticos tienden a añadir cierta dosis de habilidad. En los casos en los que los predictores de caudal presentan poca capacidad, los predictores climáticos tienden a aumentar el nivel de las predicciones, en algunos casos de forma notable.

En el contexto de un clima en cambio, el hidrólogo tendrá que saber si los elementos que gobiernan en la actualidad el comportamiento del clima seguirán influyendo sobre las perspectivas climáticas estacionales. En caso negativo, ¿qué nuevos elementos pueden surgir y cuáles serán sus consecuencias?

Estos ejemplos muestran la sólida conexión entre los sectores del agua y del clima. Los mecanismos para mejorar la cooperación y la colaboración entre ambos sectores solo pueden tener efectos beneficiosos.